

**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHUNG NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

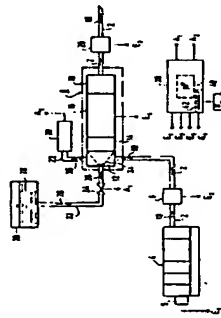
<p>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>3</sup> : F01N 3/20, 9/00, B01D 53/36</p>	<p>A1</p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 94/27035</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/D94/00463</p>	<p>FCT/D94/00463</p>	<p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 24. November 1994 (24.11.94)</p>
<p>(22) Internationales Anmeldedatum: 27. April 1994 (27.04.94)</p>	<p>27. April 1994 (27.04.94)</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p>
<p>(30) Prioritätssachen: P 43 15 278.3</p>	<p>7. Mai 1993 (07.05.93)</p>	<p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.</p>
<p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (DE/DE); Wirtzschelplatz 2, D-80333 München (DE).</p>	<p>DE</p>	
<p>(72) Erfinder: und</p>		
<p>(75) Erfinder/Aussender (nur für US): SCHMELZ, Helmut (DE/DE); Rudolf-Sieck-Straße 14, D-81259 Piesen (DE).</p>	<p>SCHMELZ, Helmut (DE/DE); Rudolf-Sieck-Straße 14, D-81259 Piesen (DE).</p>	

(54) Title: PROCESS AND DEVICE FOR CONTROLLABLY ADDING A REDUCING AGENT INTO NITROGEN OXIDE-CONTAINING EXHAUST GAS

**(54) Bezeichnung:** VERFAHREN UND EINRICHTUNG ZUR GESTEUERTEN EINBRINGUNG EINES REDUKTIONSMITTELS IN EIN STICKOXIDHALTIGES GAS

(57) Abstract

In the present state of the art there is no known method of separating out the largest possible amount of nitrogen oxide with, at the same time, a negligible loss of reducing agent for the catalytic conversion of nitrogen oxides contained in the exhaust gas from a diesel engine using a "lean" catalysts together with a reducing agent, usually ammonia, by the SCR process. The invention therefore proposes that the proportion  $M_1$  of reducing agent introduced into the exhaust gas (10) be adjusted as a function of at least one operation-relevant parameter of the exhaust gas (10), of at least one operation-relevant parameter of the catalyst unit (8) and possibly of at least one operation-relevant parameter of the engine (4). This ensures that, when the reducing agent (16) is metered, the proportion of nitrogen oxide  $\text{MNO}_x$  in the catalytic activity  $x$  of the catalyst unit (8) and its pressure and temperature (12), the adsorption and desorption characteristic of the catalyst unit (8) for the catalyst unit (8) are taken into account and are caused to affect the proportion of a control unit. The invention is essentially applicable to all internal combustion engines in the exhaust gases.



The adsorption and desorption characteristics of the catalyst unit (8) for the reducing agent (26) and aging and pollution effects in the cycle, the adsorption and desorption characteristics of the catalyst unit (9) are taken into account and are caused to affect the proportion Mg of reducing agent to be added to the exhaust gas by catalyst unit (8). The invention is essentially applicable to all internal combustion engines operating with excess air to reduce the nitrogen oxide concentration in the exhaust gases.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragssätzen auf den Kopfblättern der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäß dem PCT veröffentlichten.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mali
AU	Australien	GB	Grönland	MP	Marokko
BE	Belgien	GR	Griechenland	NE	Niger
BR	Brasilien	GU	Guam	NL	Niederlande
CA	Canada	HR	Kroatien	NO	Norwegen
CH	Schweiz	IE	Irland	NZ	Neuseeland
CL	Chile	IT	Italien	PL	Polen
CM	Kamerun	JP	Japan	PT	Portugal
CN	China	KE	Kenya	RU	Russland
CO	Kolumbien	KG	Kirgisland	RO	Rumänien
CZ	Tschechien	KR	Südkorea	SD	Sudan
DE	Deutschland	LT	Litauen	SE	Schweden
DK	Dänemark	LV	Lettland	SI	Slowenien
EE	Estland	MC	Monaco	SK	Slowakei
ES	Spanien	MD	Moldau	SN	Senegal
FI	Finnland	MG	Madagaskar	TD	Togo
FR	Frankreich	NL	Niederlande	TT	Trinidad und Tobago
		NM	Norwegen	UA	Ukraine
		NO	Norwegen	US	Vereinigte Staaten von Amerika
		PL	Polen	UZ	Usbekistan
		PT	Portugal	VN	Vietnam

## Beschreibung

Verfahren und Einrichtung zur gesteuerten Einbringung eines Reduktionsmittels in ein stickoxidhaltiges Abgas

5 Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Einrichtung zur gesteuerten Einbringung eines Reduktionsmittels in ein stickoxidhaltiges Abgas eines Verbrennungsmotors mit einer in der Abgasleitung eingebauten Katalysatoreinheit zur  
10 Stickoxidminderung.

Der Einsatz fossiler Energieträger in Verbrennungsmotoren bei der Traktion wirkt aufgrund des Schadstoffgehalts im Abgas große Probleme in Gebieten mit hohen Fahrzeugdichten, also  
15 vor allem in den Industriestaaten, auf. Als Schadstoffe sind unter anderem Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, Oxide des Schwefels und Ruß zu nennen, die mit zu den bekannten Umweltproblemen, wie z.B. saurer Regen und Smog, beitragen.

20 Im Zuge eines steigenden Umweltbewußtseins und strenger gesetzlicher Auflagen bezüglich des Schadstoffausstoßes sind eine Vielzahl von Katalysatoren und Rußfiltern entwickelt worden, die zur Verringerung des Ausstoßes der obengenannten Schadstoffe beitragen. Zur Verminderung der Schadstoffe im  
25 Abgas von Ottomotoren sind beispielsweise edelmetallhaltige Katalysatoren bekannt, an denen Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid mit Stickoxiden und Restsauerstoff zu Kohlendioxid, Stickstoff und/oder Wasser umgewandelt werden. Zur Verringerung des Schadstoffausstoßes von Dieselmotoren sind sogenannte Partikelfilter bekannt, die die im Abgas enthaltenen  
30 Rußpartikel zurückhalten. Die Beseitigung der Rußpartikel erfolgt durch Abbrand im Partikelfilter. Desweiteren arbeitet man derzeit vielerorts an der Entwicklung eines geregelten Dieselmotorkatalysators, mit dem es möglich sein soll, den  
35 Stickoxidgehalt im Abgas eines Dieselmotors erheblich zu senken. Dies ist aufgrund des hohen Restgehalts an Luftsauer-

stoff im Abgas mit den bekannten edelmetallhaltigen Katalysatoren, wie sie in Fahrzeugen mit Ottomotoren bei stochiometrischer Verbrennung eingesetzt werden, nicht möglich.

5 Stattdessen sollen in Fahrzeugen mit Diesel- und Magermix-Motoren, also Motoren mit einer überstöchiometrischen Verbrennung, sogenannte DeNO<sub>x</sub>-Katalysatoren verwendet werden, an denen die im Abgas enthaltenen Stickoxide mit einem geeigneten Reduktionsmittel, meist Ammoniak, nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion (SCR) zu umweltfreundlichem  
10 Stickstoff und Wasser umgesetzt werden. Das Reduktionsmittel oder eine Vorstufe des Reduktionsmittels wird in Strömungsrichtung des Abgases vor dem Katalysator in das Abgas eingebracht und tritt dann in vorzugsweise homogener Vermischung  
15 mit den im Abgas enthaltenen Stickoxiden in den Katalysator ein.

Die Verbrennungsmotoren werden bei der Traktion mit variabler Last und Drehzahl betrieben. Das bedeutet, daß die pro Zeiteinheit erzeugten Stickoxidemengen und die Abgasmassenströme  
20 und -temperaturen großen Schwankungen unterliegen. Es ist derzeit keine Lösung bekannt, um die pro Zeiteinheit in das Abgas eingebrachte Reduktionsmittelmenge in einer Weise einzustellen, daß unabhängig vom Betriebszustand des Verbrennungsmotors hohe Abscheideraten für die Stickoxide bei gleichzeitig verschwindend geringem Reduktionsmittelschlupf  
25 erreicht werden. Erschwerend kommt hinzu, daß Ammoniak giftig ist und bereits bei einer Konzentration von nur etwa 5 ppm eine erhebliche Geruchsbelastigung für den Menschen darstellt. Aus diesem Grund ist ein Schlupf von Ammoniak unbedingt zu vermeiden.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur gesteuerten Einbringung eines Reduktionsmittels in ein stickoxidhaltiges Abgas anzugeben, die  
35 die obengenannten Anforderungen erfüllen.

Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  des in das Abgas eingebrachten Reduktionsmittels in Abhängigkeit von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Abgases, von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter der Katalysatoreinheit und ggf. von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Motors eingestellt wird.

10 Bezüglich der Einrichtung wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß eine Kontrolleinheit, dieser Kontrolleinheit zugeordnete Mittel zur Erfassung von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Abgases, von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter der Katalysatoreinheit und 15 ggf. von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Motors und eine der Kontrolleinheit zugeordnete Reduktionsmittelführungseinheit, mit der ein Reduktionsmittel in Strömungsrichtung des Abgases vor der Katalysatoreinheit in die Abgasleitung einbringbar ist, vorgesehen sind, wobei die 20 Kontrolleinheit zur Einstellung der in das Abgas eingebrachten Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  in Abhängigkeit von den betriebsrelevanten Parametern vorgesehen ist.

Hierdurch wird erreicht, daß die in das Abgas eingebrachte 25 Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  für alle Betriebszustände des Verbrennungsmotors, die durch eine kontinuierliche oder diskontinuierliche Aus- und Bewertung der betriebsrelevanten Parameter charakterisiert werden, ausreicht, die Stickoxide vollständig katalytisch umzusetzen. Gleichzeitig wird die Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  aber auch so eingestellt, daß ein Schlupf 30 des Reduktionsmittels vermieden wird. Besonders durch die Einbeziehung der betriebsrelevanten Parameter des Katalysators wird diese exakte Einstellung der Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  erreicht.

35 Zur Bestimmung der pro Zeiteinheit vom Motor angelieferten Stickoxidmenge, im folgenden als Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ , bezeichnet,

net, ist es vorteilhaft, wenn als betriebsrelevanter Parameter des Motors der Luftmassenstrom, der der Stellung der Kraftstoffeinspritzrichtung entsprechende Regelstangenweg, der Ladedruck und/oder die Motordrehzahl vorgehen ist. Die 5 Erfassung dieser Parameter ist bei modernen elektronischen Dieselsteuerungen ohnehin meist üblich, so daß hierfür in den meisten Fällen kein zusätzlicher Aufwand entsteht. Der Massenstrom kann beispielsweise auch rechnerisch durch die Messung der Motordrehzahl, des Ladedrucks oder der Ladelufttemperatur bei gleichzeitiger Kenntnis des Motorhubvolumens bestimmt werden. Hierdurch ist es möglich, die Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ , durch einen Vergleich der betriebsrelevanten Parameter aus den bekannten Kennfelddaten des Motors zu bestimmen. 10 Diese Kennfelddaten sind vorzugsweise in der Kontrolleinheit abgelegt. Diese Vorgehensweise wird insbesondere dann genutzt, wenn kein Sensor als Mittel zur Messung der Stickoxidkonzentration in der Abgasleitung eingebaut ist.

Bei Vorhandensein eines Sensors zur Messung der Stickoxidkonzentration ist es vorteilhaft, wenn als betriebsrelevanter 20 Parameter des Abgases dessen Temperatur, dessen Druck, dessen Massenstrom und/oder dessen Stickoxidkonzentration vorgesehen ist. Dabei kann aus dem Massenstrom und der Stickoxidkonzentration des Abgases die am Katalysator ankommende Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$  bestimmt werden. Bei gleichzeitiger Kenntnis der 25 Temperatur des Abgases kann, wie noch gezeigt wird, dann entsprechend dem Temperaturverlauf der katalytischen Aktivität des Katalysators eine geeignete Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  bestimmt und in das Abgas dosiert werden.

30 Unter Bezugnahme auf den vorhergehenden Absatz ist es darüber hinaus vorteilhaft, wenn als betriebsrelevanter Parameter der Katalysatoreinheit deren Temperatur T, deren katalytische Aktivität k und deren Druck- und Temperaturverlauf, deren spezifische Speicherkapazität  $C_R$  für das Reduktionsmittel und deren Druck- und Temperaturverlauf und deren physikalische 35 Größe, wie z.B. Geometrie, Wärmeübergang und Gewicht der ka-

talytisch aktiven Masse, vorgesehen ist. Diese Parameter können dabei in vorteilhafter Weise in die Kontrolleinheit implementierbar sein, d.h. in einen Speicher geladen werden. Mittels dieser Parameter ist es der Kontrolleinheit bei entsprechender Ausbildung einerseits möglich, eine genaue Angabe über den momentanen Betriebszustand des Katalysators zu machen. Andererseits ist es hierdurch möglich, beispielsweise bei positiven Lastsprüngen des Motors, was im besonderen zu einem drastischen Anstieg der Abgastemperatur führt, eine genaue Aussage über die vom Katalysator pro Zeiteinheit desorbierende Reduktionsmittelmenge, im folgenden als Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_B$  bezeichnet, zu machen. Ferner kann bei negativen Lastsprüngen, die eine Senkung der Abgastemperatur zur Folge haben, das dadurch zusätzlich verfügbare Speichervermögen des Katalysators für das Reduktionsmittel ermittelt werden.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann entsprechend der im Abgas enthaltenen Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ , ein Zwischenwert für die Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  bestimmt werden, der gegebenenfalls um eine von der Katalysatoreinheit desorbierte Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_B$  verringert oder um eine von der Katalysatoreinheit adsorbierte Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_A$  erhöht wird. Hierdurch wird die zur katalytischen Umsetzung der Stickoxide erforderliche Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  nicht ausschließlich entsprechend der im Abgas enthaltenen Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$  zudosiert, sondern wird im besonderen bei positiven Lastsprüngen des Verbrennungsmotors durch die vom Katalysator desorbierte Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_B$  teilweise ersetzt. Dies vermeidet eine Überdosierung des Reduktionsmittels, wodurch ein Reduktionsmittelschlupf gerade bei positiven Lastsprüngen des Verbrennungsmotors vollständig vermieden wird. Dem gegenüber kann der Zwischenwert um die adsorbierte Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_A$  erhöht werden, wodurch immer ausreichend viel Reduktionsmittel zur Umsetzung der Stickoxide vorhanden und des weiteren der Katalysator auf einem definierten Beladungszustand mit dem Reduktionsmittel gehalten ist.

Eine exakte Bestimmung der desorbierten und der adsorbierten Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_B$  bzw.  $\dot{M}_A$  ist zur Vermeidung eines Reduktionsmittelschlupfes und zur gleichzeitigen Bereitstellung von zur vollständigen Umsetzung der Stickoxide ausreichenden Reduktionsmittelraten  $\dot{M}_R$  unbedingt erforderlich. Um dieses auszuführen, kann vorgesehen sein, bei der Bestimmung von  $\dot{M}_B$  und  $\dot{M}_A$  zu berücksichtigen, daß die spezifische Speicherkapazität  $C_R$  des Katalysators für das Reduktionsmittel mit steigender Abgastemperatur absinkt und mit steigendem Abgasdruck zunimmt.

Unter vorteilhafter Berücksichtigung der Tatsache, daß die katalytische Aktivität  $k$  für eine bestimmte Temperatur  $T(k_{max})$  ein Maximum erreicht und beiderseits dieser Temperatur abfällt, ist es zweckmäßig, wenn der Zwischenwert mit sinkender Abgastemperatur abgesenkt und mit steigender Abgastemperatur angehoben wird, wenn die Abgastemperatur am Katalysator niedriger als die Temperatur  $T(k_{max})$  ist, bei der der Katalysator maximale katalytische Aktivität  $k_{max}$  aufweist. Dies bedeutet entsprechend, daß der Zwischenwert mit steigender Abgastemperatur abgesenkt und mit sinkender Abgastemperatur angehoben wird, wenn die Abgastemperatur am Katalysator höher als die Temperatur  $T(k_{max})$  ist.

Unter Berücksichtigung der weiteren Tatsache, daß die katalytische Aktivität  $k$  mit steigendem Abgasdruck (Absolutdruck) am Katalysator zunimmt, ist es zweckmäßig, den Zwischenwert mit steigendem Druckverlust am Katalysator (entspricht steigendem Absolutdruck) anzuheben und/oder mit fallendem Druckverlust abzusenken.

Weil bei hoher Last und hoher Drehzahl des Verbrennungsmotors hohe Abgasraumgeschwindigkeiten auftreten können, ist es vorteilhaft, wenn der Zwischenwert bei Überschreiten einer maximalen Raumgeschwindigkeit, für die der Katalysator ausgelegt ist, verringert wird. Durch diese Korrektur ist gewährleistet, daß das in das Abgas eindosierte Reduktionsmittel im

Katalysator gespeichert und/oder bei der katalytischen Abreaktion mit den Stickoxiden verbraucht wird und nicht aufgrund zu hoher Abgasraumgeschwindigkeiten aus dem Katalysator ausgeht. Dabei kann sich ein Korrekturfaktor bei Überschreiten der maximalen Raumgeschwindigkeit aus dem Verhältnis von der maximalen Raumgeschwindigkeit zur momentanen Raumgeschwindigkeit ergeben.

Um bei der Dosierung des Reduktionsmittels auch Alterungs- und Vergiftungseffekte des Katalysators zu berücksichtigen, ist es zweckmäßig, wenn der Zwischenwert mit zunehmender Betriebsdauer  $t_g$  verringert wird. Hierdurch wird vermieden, daß ein Reduktionsmittelschlupf bei alterungsbedingt nachlassender katalytischer Aktivität des Katalysators und/oder nachlassendem Speichervermögen des Katalysators für das Reduktionsmittel auftritt. Ein solcher Schlupf würde aber ansonsten bei unveränderter, etwa entsprechender der im Abgas enthaltenen Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO_x}$ , bemessenen Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  auftreten.

Um bei der obenstehend genannten Berücksichtigung der Alterungs- und Vergiftungseffekte des Katalysators noch besser temperaturbedingte Alterungseffekte am Katalysator zu berücksichtigen, ist es vorteilhaft, wenn der Zwischenwert entsprechend der mit der Betriebsdauer  $t_g$  gewerteten Abgastemperatur am Katalysator verringert wird. Auf diese Weise wird bei der Bestimmung der Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  berücksichtigt, welchen absoluten Temperaturen und Temperaturgradienten der Katalysator während des Betriebs ausgesetzt war.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, die Katalysatoreinheit vor Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors vom Reduktionsmittel und von Kohlenwasserstoffen zu befreien. Hierdurch ist der gesamte Katalysator beim Start des Verbrennungsmotors "leer". Die Katalysatoreinheit kann daher bei der Einstellung der Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  von einem genau definierten Anfangszustand bezüglich der Beladung des

Katalysators mit dem Reduktionsmittel ausgehen, was zur Genauigkeitssteigerung der Reduktionsmitteldosierung beiträgt.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung umfaßt die Reduktionsmittelzuführungs-Einheit ein mittels der Kontrolleinheit einstellbares Eindüsventil für eine wäßrige Harnstofflösung. Dies ist eine technisch einfache Lösung zur Zuführung des Reduktionsmittels. Eine wäßrige Harnstofflösung läßt sich einfach und gefahrlos im Fahrzeug mitführen und hydrolysiert einfach in einem sogenannten Hydrolysekatalysator zu Ammoniak, Kohlendioxid und Wasser. Die Katalysatoreinheit umfaßt dann vorzugsweise in Strömungsrichtung des Abgases der Reihe nach einen Hydrolyse-Katalysator, einen  $DeNO_x$ -Katalysator und gegebenenfalls einen Oxidations-Katalysator, der als Ammoniak-Schlupfkiller und zur katalytischen Umsetzung von Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid verwendet wird.

Eine Einrichtung, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeitet, kann auf verschiedene Weise ausgestaltet sein. Eine dieser vorteilhaften Ausgestaltungen sieht vor, daß die Kontrolleinheit einen Speicher für alle möglichen für die Bestimmung der Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  betriebsrelevanten Parameter des Abgases, des Katalysators und gegebenenfalls des Motors umfaßt, und die Mittel zur Erfassung der betriebsrelevanten Parameter mit ihren Signalen einen entsprechenden Speicherwert für die Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  abrufen, wobei der Speicherwert an einem Ausgang der Kontrolleinheit zur Steuerung der Reduktionsmittelzuführungseinheit anliegt.

Eine alternative, ebenso vorteilhafte Ausgestaltung sieht vor, daß die Kontrolleinheit eine Mikroprozessor-Untereinheit umfaßt, die mittels eines Programms die Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  aus den mittels der Mittel erfaßten betriebsrelevanten Parameter des Abgases, des Katalysators und gegebenenfalls des Motors bestimmt. Auf diese Weise ist es möglich, die eigentliche Berechnung der Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  gemäß des zugrundeliegenden Expertenwissens software-mäßig durchzuführen.

ren, so daß die Bestimmung der Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_K$  entgegen der vorangegangenen Ausgestaltung mit Kennfeldvergleich einfach und gegebenenfalls sogar durch Fuzzy-Logik durchgeführt werden kann. Besonders mittels Fuzzy-Logik können die vielfältigen betriebsrelevanten Parameter relativ zueinander und ihre absoluten Werte ihrem Wert für die Dosierung des Reduktionsmittels entsprechend gewichtet werden.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von fünf Figuren näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 in schematischer Darstellung die Abgasleitung eines 300 kW-ladeluftgeköhlten Dieselmotors mit gesteuerter Einbringung eines Reduktionsmittels in das stickoxidhaltige Abgas;

Figur 2 den qualitativen Verlauf der katalytischen Aktivität eines  $\text{DeNO}_x$ -Katalysators in Abhängigkeit von der Temperatur;

Figur 3 den qualitativen Verlauf der spezifischen Speicherkapazität  $C_K$  eines  $\text{DeNO}_x$ -Katalysators für ein Reduktionsmittel in Abhängigkeit von der Temperatur;

Figur 4 den qualitativen Verlauf der katalytischen Aktivität  $k$  eines  $\text{DeNO}_x$ -Katalysators in Abhängigkeit von der Gesamtbetriebszeit  $t_B$ ; und

Figur 5 das Flußdiagramm einer Ablauffolge zur Bestimmung der Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_K$ .

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung die Abgasleitung 2 eines 300 kW-ladeluftgeköhlten Dieselmotors 4 mit einer an den Dieselmotor 4 angeschlossenen Meßstelle 5. In der Abgasleitung 2 sind der Reihe nach eine weitere Meßstelle 6, eine Katalysatoreinheit 8 und eine zusätzliche Meßstelle 20 eingebaut. In Strömungsrichtung eines Abgases 10 umfaßt die Katalysatoreinheit 8 der Reihe nach eine Einlaufkammer 12, einen

Hydrolysekatalysator 14, einen  $\text{DeNO}_x$ -Katalysator 16 und einen Oxidationskatalysator 18. Außer der Abgasleitung 2 sind an die Einlaufkammer 12 der Katalysatoreinheit 8 eine Blaubrenner-Abgasleitung 22 und eine Reduktionsmittelführungslleitung 32 mit einem einstellbaren Eindüsventil 24 für die gesteuerte Zugabe eines Reduktionsmittels 26 angeschlossen. Über die Blaubrenner-Abgasleitung 22 wird bedarfsweise heißes Abgas 36 eines Blaubrenners 28 in die Einlaufkammer 12 eingeleitet. Das Reduktionsmittel 26, im Ausführungsbeispiel eine wäßrige Harnstofflösung, wird in einem Reduktionsmitteltank 30 bevorratet und über die Reduktionsmittelführungslleitung 32 dem Eindüsventil 24 zugeführt. Mittels des Eindüsventils 24 wird das Reduktionsmittel 26 innerhalb einer Zone, die von Lochblechen 34 gegen die Wandungen der Einlaufkammer 12 begrenzt ist, in die Einlaufkammer 12 eingedüst. Das Abgas 10 und gegebenenfalls das Blaubrennerabgas 36 treten außerhalb dieser Zone in die Einlaufkammer 12 ein; sie durchdringen die Löcher in den Lochblechen 34 und reißen dabei das in die Einlaufkammer 12 eingedüste Reduktionsmittel 26 mit sich. Hierdurch wird verhindert, daß sich das Reduktionsmittel 26 auf den Wänden der Einlaufkammer 12 nachteiligerweise absetzt.

Zur Einstellung der in das Abgas 10 eindosierten Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_K$  ist eine Kontrolleinheit 38 mit einer Mikroprozessor-Untereinheit 40 vorgesehen. Über Eingänge  $E_1$  bis  $E_4$  erfaßt die Kontrolleinheit 38 betriebsrelevante Parameter, deren Kenntnis zur Einstellung der geeigneten Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_K$  erforderlich sind. Mittels der Meßstelle 5, die eine Reihe von Sensoren umfaßt, werden der Luftmassenstrom, der Regelstangenweg, der der Stellung der Dieseleinspritzrichtung entspricht, der Ladedruck und die Drehzahl des Dieselmotors 4 erfaßt. Diese Daten liegen am Eingang  $E_1$  an.

Am Eingang  $E_2$  liegen die (z.B. mittels der weiteren Meßstelle 6 gemessenen) betriebsrelevanten Parameter des Abgases 10, hier dessen Temperatur, Druck und Massenstrom an. Im Ausführungsbeispiel werden der Massenstrom und der Druck aus den am

Eingang E<sub>1</sub> vorliegenden Parametern des Dieselmotors 4 berechnet. Es wäre auch möglich, den Druck und auch den Massenstrom über separate Sensoren in der weiteren Meßstelle 6 zu messen.

- 5 Am Eingang E<sub>3</sub> liegt die mittels der zusätzlichen Meßstelle 20 hinter der Katalysatoreinheit 8 gemessene Temperatur des Abgases 10 vor.

Am Eingang E<sub>4</sub> liegen die betriebsrelevanten Parameter der Katalysatoreinheit 8 vor, und zwar deren katalytische Aktivität und deren Druck- und Temperaturverlauf, deren spezifische Speicherkapazität C<sub>R</sub> für das Reduktionsmittel 26 und deren Druck- und Temperaturverlauf und deren physikalische Größe, wie z.B. Gewicht der katalytisch aktiven Masse, Geometrie und Wärmeebergang. Diese Parameter können beispielsweise auf einer Beipack-Diskette 44 als Ergänzung zur Katalysatoreinheit 8 abgelegt sein. Sie können mittels eines Diskettenlaufwerks 42, das in der Kontrolleinheit 38 eingebaut ist, in die Mikroprozessor-Untereinheit 40 geladen (implementiert) werden.

- 20 Über einen Ausgang A<sub>1</sub> wird das Einöusventil 24 für das Reduktionsmittel 26 gesteuert und damit eingestellt. Die Einstellung der mittels des Einöusventils 24 in das Abgas 10 eingesierten Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  erfolgt dabei in Abhängigkeit von den betriebsrelevanten Parametern des Motors 4, des Abgases 10 und des Katalysators 8, was nachfolgend noch näher erläutert wird. Über einen Ausgang A<sub>2</sub> kann der Blaubrenner 28 bedarfsweise ein- und ausgeschaltet werden.

- 30 Ein Ablaufplan zur Bestimmung der Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  ist in Figur 5 gezeigt. Beim Betrieb des Dieselmotors 4 wird zunächst mittels der Kontrolleinheit 38 durch Erfassung der mittels der Meßstelle 5 gemessenen Parameter der Stickoxidgehalt im Abgas 10 bestimmt. Dies erfolgt im besonderen in der Mikroprozessor-Untereinheit 40, die durch Kennfeldvergleich der Parameter Luftmassenstrom LM, Regelstangenweg GP, Ladedruck LD und Motordrehzahl MD die Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ ,

hard- oder softwaremäßig bestimmt, wie dies beispielsweise in der DE-OS 36 15 021 beschrieben ist.

- Aus den betriebsrelevanten Parametern des Abgases, wie z. B. 5 Abgastemperatur AT, Abgasdruck AP, Abgasmassenstrom AM und Stickoxidkonzentration C<sub>NOx</sub> wird entsprechend dem Wert  $\dot{M}_{NO}$ , für die Stickoxidrate ein erster Zwischenwert Z<sub>1</sub>( $\dot{M}_R$ ) für die Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  bestimmt.

- 10 Anschließend wird aufgrund der Messung der Temperatur des Abgases 10 an den Meßstellen 6, 20 mittels der Kontrolleinheit 38 die Temperatur KT der Katalysatoreinheit 8 bestimmt, und zwar beispielsweise rechnerisch durch Mittelwertbildung oder durch Integration der Differentialgleichung für den Wärmeübergang der Katalysatoreinheit 8. Durch Vergleich mit dem Druck- und Temperaturverlauf k(T) bzw. k(p) der katalytischen Aktivität k der Katalysatoreinheit 8, der beispielsweise für die Temperatur gemäß Figur 2 gegeben sein kann, wird die katalytische Aktivität bestimmt. Für die Temperatur T(k<sub>max</sub>) und 20 den Druck p(k<sub>max</sub>), bei der die Katalysatoreinheit 8 seine maximale katalytische Aktivität k<sub>max</sub> aufweist, bedeutet dies, daß in der Kontrolleinheit 38 zunächst ein zweiter Zwischenwert Z<sub>2</sub>( $\dot{M}_R$ ) der Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  gebildet wird, der bezogen auf die eingangs im Abgas 10 enthaltenen Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ , nur geringfügig unterstöchiometrisch ist. Für Temperaturen unterhalb oder oberhalb dieser Temperatur T(k<sub>max</sub>) wird dieser zweite Zwischenwert Z<sub>2</sub>( $\dot{M}_R$ ) entsprechend dem Abfall der katalytischen Aktivität k (vgl. Figur 2) verringert. 25 Diese Anpassung des zweiten Zwischenwertes wird dabei mit der Anpassung an den Druckverlauf der katalytischen Aktivität überlagert. Der Druckverlauf ist dabei mit zunehmendem Abso- lutedruck am Katalysator ansteigend.

- Unter Berücksichtigung des quantitativen Zusammenhangs zwischen der druck- und temperaturabhängigen spezifischen Speicherkapazität C<sub>R</sub>(p) bzw. C<sub>R</sub>(T) für das Reduktionsmittel 26

der Katalysatoreinheit 8, wie deren möglicher Temperaturverlauf  $C_p(T)$  beispielsweise qualitativ in Figur 3 dargestellt ist, kann mittels der Kontrolleinheit 38 die infolge von positiven zeitlichen Temperaturänderungen von der Katalysatoreinheit 8 desorbierende Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_D$  bestimmt werden. Um diese wird der zuvor gebildete zweite Zwischenwert verringert, was dann der tatsächlich netto in die Katalysatoreinheit 8 eingebrachten Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  entsprechen kann. Dies bedeutet im besonderen, daß bei positiven Lastsprüngen des Dieselmotors 4, bei dem die Abgastemperatur  $\Delta T$ , der Stickoxidgehalt  $C_{NOx}$  und der Massenstrom  $\Delta M$  des Abgases zum Teil drastisch ansteigen, die in der Katalysatoreinheit 8 zur Umsetzung der Stickoxide benötigte Reduktionsmittelmenge zunächst zumindest teilweise von der vom Katalysator 8 desorbierten Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_D$  aufgebracht wird, wodurch zunächst entsprechend weniger Reduktionsmittel 26 mittels des Eindüsenventils 24 in die Einlaufkammer 12 eingeblas wird. Analog wird bei negativen Lastsprüngen entsprechend der bevorstehenden Temperaturabsenkung und der verstärkten Adsorption von Reduktionsmittel 26, d. h. entsprechend einer adsorbierten Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_A$ , mehr Reduktionsmittel 26 zugeführt, als der ankommenden Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ , entspricht, um die Katalysatoreinheit 8 jederzeit auf einem bevorzugten Füllstand, der im allgemeinen vom maximalen Füllstand abweicht, zu halten.

Während jedoch mit einer Anhebung der Dosierung des Reduktionsmittels 26 im Falle eines negativen Lastsprungs auf eine tatsächlich erfolgte Temperaturabsenkung an der Katalysatoreinheit 8 gewartet wird, erfolgt eine Zurücknahme der Dosierung des Reduktionsmittels 26 im Falle eines positiven Lastsprungs bereits bei einer Vergrößerung des Regelstangenwegs GP (Gaspedal weiter durchgetreten), ohne eine Zunahme der Temperatur  $T$  an der Katalysatoreinheit 8 abzuwarten. Die zu erwartende Temperaturerhöhung wird anhand der betriebsrelevanten Daten mittels der Kontrolleinheit 38 vorausberechnet.

Einer Überladung der Katalysatoreinheit 8 mit dem Reduktionsmittel 26 wird dadurch in diesen Fällen wirksam vorgebeugt.

Das mittels des Eindüsenventils 24 in die Einlaufkammer eingebrachte Reduktionsmittel 26 wird dabei mittels des Abgases 10 in den Hydrolysekatalysator 14 geführt. Dort hydrolysiert die im Ausführungsbeispiel verwendete wäßrige Harnstofflösung zu Ammoniak, Kohlendioxid und Wasser. Die Hydrolyse wird durch im Hydrolyse-Katalysator 14 enthaltene Edelmetall-Bestandteile und die dort herrschende erhöhte Temperatur verursacht. Die Stickoxide werden zusammen mit dem Ammoniak durch die Kontaktierung am katalytisch aktiven Material des  $DeNO_x$ -Katalysators 16 zu Stickstoff und Wasser umgesetzt. Auch die Kohlenwasserstoffe werden hier bei Temperaturen über  $300^\circ C$  bereits zu einem großen Teil katalytisch umgesetzt. An dem dem  $DeNO_x$ -Katalysator 16 folgenden Oxidationskatalysator 18 wird eine katalytische Umsetzung der noch im Abgas 10 enthaltenen Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid sowie eine katalytische Nachverbrennung eines eventuell auftretenden geringen Ammoniakschlupfes erreicht.

Optional kann ein weiterer Schritt zur Bestimmung der Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  durchgeführt werden. Um Alterungs- und Vergiftungseffekte an der Katalysatoreinheit 8, im besonderen am  $DeNO_x$ -Katalysator 16, zu berücksichtigen, wird im Ausführungsbeispiel ein in Figur 4 dargestellter qualitativer Verlauf der katalytischen Aktivität  $k$  in Abhängigkeit von der Gesamtbetriebszeit  $t_B$  beispielsweise über die betriebsrelevanten Parameter der Katalysatoreinheit 8 in der Kontrolleinheit 38 implementiert und berücksichtigt. Dies führt dazu, daß die entsprechend der im Abgas enthaltenen Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ , in das Abgas zudosierte Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$ , d. h. zunächst der zweite Zwischenwert  $Z_2(\dot{M}_R)$ , mit zunehmender Gesamtbetriebszeit  $t_B$  verringert wird. Dies kann soweit ausgestaltet werden, daß dem Betreiber des Dieselmotors 4 bei Erreichen einer Gesamtbetriebszeit  $t_{max}$  (vgl. Figur 4), bei der die Katalysatoreinheit 8 beispielsweise nur noch die halbe



15

Anfangsaktivität  $k_0$  hat, von der Kontrolleinheit 38 eine Anforderung zum Austausch der Katalysatoreinheit 8 bekommt. Um dabei die während der Betriebszeit herrschende thermische Belastung der Katalysatoreinheit 8 bezüglich der Alterung noch stärker zu berücksichtigen, kann zusätzlich oder alternativ ein aus dem zweiten Zwischenwert  $Z_2(\dot{M}_R)$  abgeleiteter dritter Zwischenwert  $Z_3(\dot{M}_R)$  entsprechend der mit der Betriebsdauer  $t_B$  gewerteten Abgastemperaturen an der Katalysatoreinheit 8 bestimmt werden, der gegenüber dem zweiten Zwischenwert  $Z_2(\dot{M}_R)$  verringert ist. Hierzu kann die Mikroprozessor-Einheit 40 beispielsweise das Integral über den zeitlichen Verlauf der Temperatur  $K_T$  an der Katalysatoreinheit 8 berechnen.

15 Im Falle der Verfügbarkeit eines Ammoniak-Sensors an der Meßstelle 20 (oder eventuell ergänzt durch nicht dargestellte Meßstellen zwischen Katalysatorabschnitten) kann eine Kontrolle und gegebenenfalls eine Korrektur der Katalysatorparameter vorgenommen werden. Bei Unterschreitung eines festgelegten Grenzwertes kann ebenso eine Aufforderung zum Austausch der Katalysatoreinheit 8 gemeldet werden.

Eine weitere Korrektur des gebildeten dritten Zwischenwertes  $Z_3(\dot{M}_R)$  erfolgt im Ausführungsbeispiel optional durch eine Berücksichtigung der Raumgeschwindigkeit  $RG$  des Abgases 10 in der Katalysatoreinheit 8. Dabei ist die Katalysatoreinheit 8 auf eine maximale Raumgeschwindigkeit  $RG_{max}$ , die anhand ihrer Geometrie abgeleitet wird, ausgelegt. Bei Überschreiten dieser maximalen Abgasraumgeschwindigkeit in der Katalysatoreinheit 8 wird dann der dritte Zwischenwert  $Z_3(\dot{M}_R)$  verringert, wodurch vermieden wird, daß das Reduktionsmittel 26 mit dem Abgas 10 regelrecht durch die Katalysatoreinheit 8 "hindurchgeblasen" wird und folglich als unerwünschter Ammoniak-schlupf resultiert. Diese Verringerung kann beispielsweise gemäß dem Verhältnis von maximaler Raumgeschwindigkeit zu der momentan herrschenden Abgasraumgeschwindigkeit vorgenommen werden.

16

Im Rückblick auf das vorstehend Erläuterte wird resümiert, daß durch die Berücksichtigung des Druck- und Temperaturverlaufs der katalytischen Aktivität  $k(p)$  bzw.  $k(T)$ , der druck- und temperaturabhängigen spezifischen Speicherkapazität  $C_R(p)$  bzw.  $C_R(T)$ , der Abgasraumgeschwindigkeit  $RG$  und von Alterungs- und Vergiftungseffekten und gleichzeitiger Kenntnis betriebsrelevanter Parameter, wie z.B. Luftmassenstrom  $LM$ , Regelstangenweg  $RG$ , Ladedruck  $LD$ , Drehzahl  $MD$ , Abgastemperatur  $AT$ , Abgasmassenstrom  $AM$ , eine erfindungsgemäße Einstellung der in das Abgas eindosierten Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  erreicht wird, die für jeden Betriebszustand des Dieselmotors 4 höchstmögliche Abscheideraten für die Stickoxide bei vernachlässigbar geringem Ammoniak-schlupf bewirkt.

Zur weiteren Verbesserung dieser Einstellstrategie kann berücksichtigt werden, daß die entsprechend der im Abgas enthaltenen Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$  in das Abgas 10 zudosierte Reduktionsmittelrate  $\dot{M}_R$  sicherheitshalber zu Null gesetzt wird, wenn die Temperatur  $AT$  des Abgases eine Temperatur  $T_{min}$  entsprechend Figur 2 unterschreitet oder eine Temperatur  $T_{max}$  entsprechend Figur 2 überschreitet. Dabei hängt es von dem Druck- und Temperaturverlauf der katalytischen Aktivität  $k$  der jeweils verwendeten Katalysatoreinheit 8 ab, bei welcher Temperatur  $T_{min}$  und bei welcher Temperatur  $T_{max}$  liegen. Für den im Ausführungsbeispiel gewählten  $DeNO_x$ -Katalysator 16, dessen katalytisch aktive Substanz Titanoxid  $TiO_2$  und einen oder mehrere der Zusätze  $V_xMo_yO_{32-z}$  mit  $x, y \geq 1$ ;  $x + y < 12$  und  $z \leq 1$ , Wolframoxid  $WO_3$ , Molybdänoxid  $MO_3$  und Vanadiumoxid  $V_2O_5$  umfaßt, liegt die Temperatur  $T_{min}$  bei etwa  $240^\circ C$  und die Temperatur  $T_{max}$  bei etwa  $550^\circ C$ . Innerhalb dieses Temperaturfensters werden ein Ammoniak-schlupf sowie unerwünschte Reaktionen des Ammoniaks mit im Abgas enthaltenen Schwefeloxiden sowie die Bildung unerwünschter Stickstoffverbindungen, wie z.B. Lachgas  $N_2O$ , besonders gut vermieden.

Dies hat zwar zur Konsequenz, daß bei Temperaturen unterhalb  $T_{\min}$  und Temperaturen oberhalb  $T_{\max}$  des Abgases 10 keine oder nur eine sehr geringe Umsetzung der im Abgas 10 enthaltenen Stickoxide nach dem Verfahren der selektiven katalytischen Reduktion erfolgt. Im Fall der Temperaturunterschreitung von  $T_{\min}$  wiegt dieser Mangel nicht so schwer, da bei Lastzuständen des Dieselmotors 4, bei denen die Abgastemperatur unterhalb  $T_{\min}$  liegt, nur sehr geringe Stickoxidemengen erzeugt werden. Zur Vernichtung zumindest eines Teils der in einem solchen Abgas enthaltenen Stickoxide kann das Abgas 10 zumindest teilweise nach Durchlaufen einer Ladedurbine eines hier nicht weiter dargestellten Turboladers in die Ansaugluft des Dieselmotors 4 rezirkuliert werden.

15 Im Fall einer Temperatur  $T$  des Abgases 10 oberhalb der Temperatur  $T_{\max}$  können Mittel zur Kühlung des Abgases zugeschaltet werden, die bewirken, daß die Temperatur des Abgases 10 wieder unter die Temperatur  $T_{\max}$  sinkt. Dies kann beispielsweise durch Einleiten des Abgases 10 in eine hier nicht dargestellte Kühlstrecke, z.B. ein Luft/Luft-Wärmetauscher, oder durch Einschalten einer Fahrtwindkühlung für einen Abschnitt der Abgasleitung 2 und/oder eine Eindüsung von Wasser in das Abgas 10 bewirkt werden.

25 Um bei der Desorptionsrate  $\dot{M}_D$  von einem definierten Anfangswert ausgehen zu können, ist es vorteilhaft, wenn die Katalysatoreinheit 8 vor der Inbetriebnahme des Dieselmotors 4 frei von Reduktionsmitteln 26 und Kohlenwasserstoffen ist. Dies erhöht gleichzeitig den Sicherheitsspielraum, der bei der Zudosierung des Reduktionsmittels 26 zur Vermeidung eines Reduktionsmittelschlupfes ausgenutzt werden kann. Diese "Entleerung" der Katalysatoreinheit 8 kann beispielsweise durch einen sich an den Nutzungsbetrieb anschließenden kurzzeitigen Leerlaufbetrieb bei eingeschaltetem Blaubrenner 28 und/oder durch Einschalten des Blaubrenners 28 vor Inbetriebnahme des Dieselmotors 4 durchgeführt werden.

Das gemäß der Figur 5 durchgeführte Verfahren zur Bestimmung der Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  kann mittels der bekannten Kontrollleinheiten, z. B. Rechner auf Hybridbasis, mehrfach pro Sekunde durchgeführt werden.

5 Wenn die Meßstelle 6 mit einem Sensor zur Messung der Stickoxidkonzentration und des Volumenstromes des Abgases 10 ausgerüstet ist, ergibt sich ein gegenüber Figur 1 einfacher Aufbau. Weil die an der Katalysatoreinheit 8 ankommende Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO}$ , nun direkt aus dem Volumenstrom und der Stickoxidkonzentration des Abgases 10 bestimmt wird, ist nun nur noch die Erfassung des Luftmassenstroms des Dieselmotors 4 über den Eingang  $E_1$  erforderlich. Das bezüglich Figur 1 erläuterte Verfahren sowie die in Figur 1 dargestellte Einrichtung zur Dosierung des Reduktionsmittels 26 in das stickoxidhaltige Abgas 10 des Dieselmotors 4 bleiben jedoch ansonsten unverändert.

20 Fast trivial wird die Einstellung der Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$ , wenn die Meßstellen 6 und 20 Sensoren zur Messung der Stickoxid- bzw. zur Stickoxid- und Reduktionsmittellkonzentration umfassen. Die Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  kann dann anhand der Stickoxidkonzentration im Abgas 10 eingestellt und mittels der mit der Meßstelle 20 hinter dem Katalysator 8 gemessenen Stickoxid- und Reduktionsmittellkonzentration im Abgas 10 mittels der Kontrollleinheit 38 beispielsweise im Millisekunden-Bereich nachgeregelt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur gesteuerten Einbringung eines Reduktionsmittels (26) in ein stickoxidhaltiges Abgas (10) eines Verbrennungsmotors (4) mit einer in der Abgasleitung (2) eingebauten Katalysatoreinheit (8) zur Stickoxidminderung, bei dem die Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  des in das Abgas (10) eingebrachten Reduktionsmittels in Abhängigkeit von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Abgases (10), von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter der Katalysatoreinheit (8) und ggf. von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Motors (4) eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß als betriebsrelevanter Parameter des Motors (4) der Luftmassenstrom (LM), der der Stellung der Kraftstoffeinspritzeinrichtung entsprechende Regelstangenweg (GP), der Ladedruck (LD) und/oder die Motordrehzahl (MD) vorgesehen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet, daß als betriebsrelevanter Parameter des Abgases (10) dessen Temperatur (AT), dessen Druck (AP), dessen Massenstrom (AM) und dessen Stickoxidkonzentration (CNOx) vorgesehen ist, und zwar vorzugsweise alle gemeinsam.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet, daß als betriebsrelevanter Parameter der Katalysatoreinheit (8) deren Temperatur (KT), deren katalytische Aktivität (k) mit Druck- und Temperaturverlauf (k(p) bzw. k(T)), deren spezifische Speicherkapazität  $C_p$  für das Reduktionsmittel (26) mit Druck- und Temperaturverlauf (C<sub>p</sub>(p) bzw. C<sub>p</sub>(T)) und deren physikalische Größe, wie z.B. Gewicht der katalytisch aktiven Masse, Geometrie und Wärmeübergang, vorgesehen ist, und zwar vorzugsweise alle gemeinsam.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß entsprechend der Stickoxidrate  $\dot{M}_{NO_x}$  des im Abgas (10) enthaltenen Stickoxids ein Zwischenwert  $Z_1(\dot{M}_R)$  für die Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_R$  bestimmt wird, der gegebenenfalls um eine von der Katalysatoreinheit (8) desorbierte Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_D$  verringert wird oder um eine von der Katalysatoreinheit (8) adsorbierte Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_A$  erhöht wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, daß bei einer Bestimmung der desorbierten Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_D$  und der adsorbierten Reduktionsmittellrate  $\dot{M}_A$  berücksichtigt wird, daß die spezifische Speicherkapazität  $C_p$  für das Reduktionsmittel mit steigender Abgastemperatur absinkt und mit steigendem Abgasdruck zunimmt.

7. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, daß die Verringerung bereits bei einer zeitlichen Änderung des Regelstangenweges, die einen positiven Lastsprung bewirkt, entsprechend einer Vorausberechnung der Temperatur T am Katalysator (8) durchgeführt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5,

dadurch gekennzeichnet, daß die Erhöhung erst bei einer tatsächlich an der Katalysatoreinheit (8) erfolgten Temperaturabsenkung durchgeführt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 8,

dadurch gekennzeichnet, daß der Zwischenwert  $Z_1(\dot{M}_R)$  mit sinkender Abgastemperatur abgesenkt und mit steigender Abgastemperatur angehoben wird, wenn die Abgastemperatur an der Katalysatoreinheit (8) niedriger als eine Temperatur  $T(k_{max})$  ist, bei der die Katalysatoreinheit (8) maximale katalytische Aktivität  $k_{max}$  aufweist.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 9, daß der Zwischenwert  $Z_1(\dot{M}_s)$  mit steigender Abgastemperatur abgesenkt und mit sinkender Abgastemperatur angehoben wird, wenn die Abgastemperatur an der Katalysatoreinheit (8) höher als die Temperatur  $T(k_{max})$  ist, bei der die Katalysatoreinheit (8) maximale katalytische Aktivität  $k_{max}$  aufweist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 10, daß der Zwischenwert bei Überschreiten einer maximalen Raumgeschwindigkeit, für die die Katalysatoreinheit (8) ausgelegt ist, verringert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 11, daß der Zwischenwert mit zunehmender Betriebsdauer  $t_B$  verringert wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, daß der Zwischenwert entsprechend der mit der Betriebsdauer  $t_B$  gewerteten Abgastemperaturen an der Katalysatoreinheit (8) verringert wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, daß die Katalysatoreinheit (8) vor Inbetriebnahme des Verbrennungsmotors (4) vom Reduktionsmittel (26) und von Kohlenwasserstoffen durch Blaubrennen befreit wird.

15. Einrichtung zur gesteuerten Einbringung eines Reduktionsmittels (26) in ein stickoxidhaltiges Abgas (10) eines Verbrennungsmotors (4) mit einer in der Abgasleitung (2) eingebauten Katalysatoreinheit (8) zur Stickoxidminderung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14,

dadurch gekennzeichnet, daß eine Kontrollleinheit (38), dieser Kontrollleinheit (38) zugeordnete Mittel (5, 6, 20, 42, 44) zur Erfassung von von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Abgases (10), von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter der Katalysatoreinheit (8) und ggf. von mindestens einem betriebsrelevanten Parameter des Motors (4) und eine der Kontrollleinheit (38) zugeordnete Reduktionsmittelzuführungs-Einheit (24, 30, 32), mit der ein Reduktionsmittel (26) in Strömungsrichtung des Abgases (10) vor der Katalysatoreinheit (8) in die Abgasleitung (2) einbringbar ist, vorgesehen sind, wobei die Kontrollleinheit (38) zur Einstellung der in das Abgas (10) eingebrachten Reduktionsmittelmaterie  $\dot{M}_R$  in Abhängigkeit von den betriebsrelevanten Parametern vorgesehen ist.

16. Einrichtung nach Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatoreinheit (8) in Strömungsrichtung des Abgases (10) der Reihe nach einen Hydrolyse-Katalysator (14), einen  $\text{DeNO}_x$ -Katalysator (16) und gegebenenfalls einen Oxidationskatalysator (18) umfaßt.

17. Einrichtung nach Anspruch 15 oder 16,

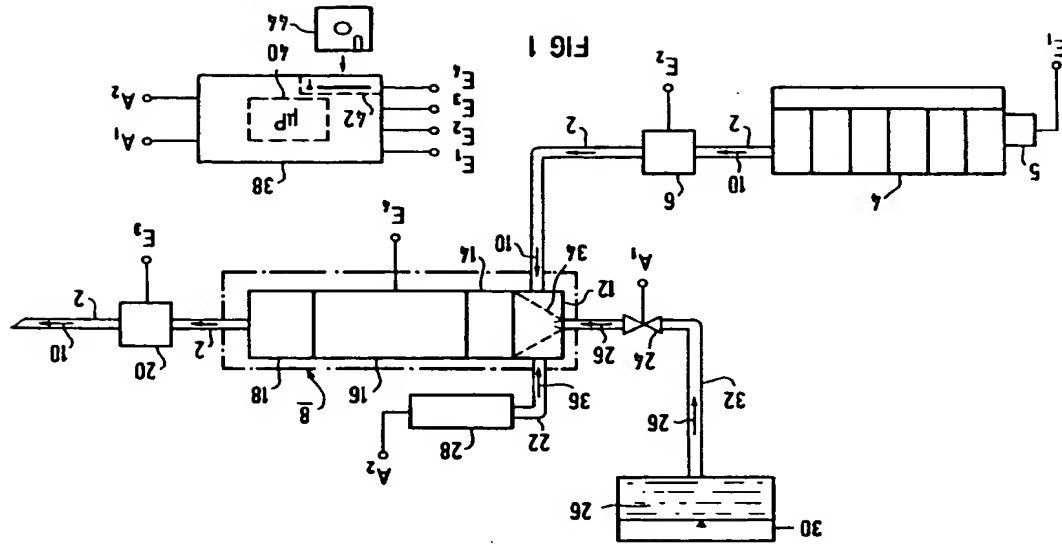
dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktionsmittelzuführungs-Einheit (24, 30, 32) ein mittels der Kontrollleinheit (38) einstellbares Einblösventil (24) für das Reduktionsmittel (26), vorzugsweise eine wäßrige Harnstofflösung, umfaßt.

18. Einrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17,

dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrollleinheit (38) einen Speicher für alle möglichen, für die Bestimmung der Reduktionsmittelmaterie  $\dot{M}_R$  betriebsrelevanten Parameter des Abgases (10), der Katalysatoreinheit (8) und gegebenenfalls des Motors (4) umfaßt, und daß die Mittel (5, 6, 20, 42, 44) mit ihren Signalen einen entsprechenden Speicherwert für die Reduktionsmittelmaterie  $\dot{M}_R$  abrufen, wobei der

Speicherwert an einem Ausgang ( $A_1$ ) der Kontrolleinheit (38) zur Steuerung der Reduktionsmittelzuführungseinheit (24, 30, 32) anliegt.

- 5 19. Einrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontrolleinheit (38) eine Mikroprozessor-Untereinheit (40) umfaßt, die mittels eines Programms die Reduktionsmittelmittelrate  $\dot{M}_R$  aus den mittels der Mittel (5, 6, 20, 42, 44) erfaßten betriebsrelevanten Parametern des Abgases (10), der Katalysatoreinheit (8) und gegebenenfalls des Motors (4) bestimmt.



2/3

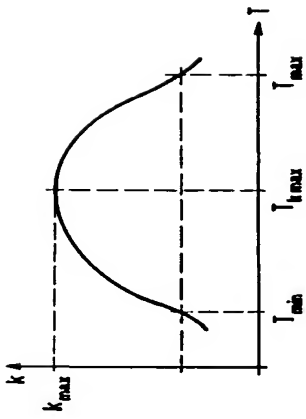


FIG 2

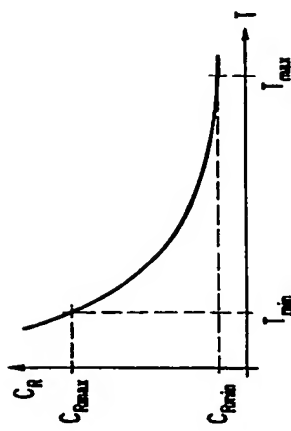


FIG 3

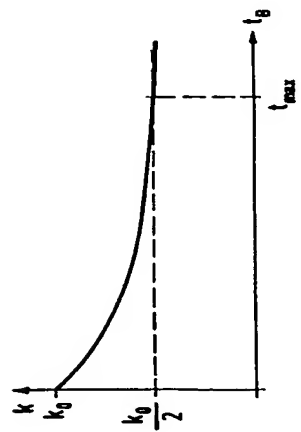


FIG 4

3/3

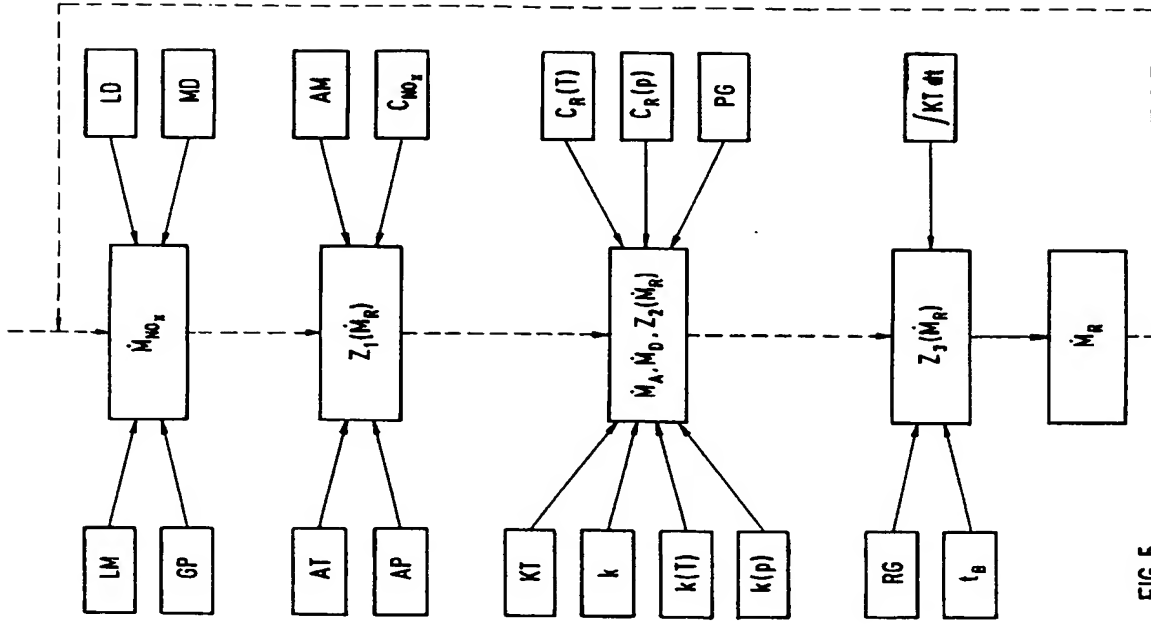


FIG 5

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/DE 94/00463		
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 5 F01N3/20 F01N9/00 B01D53/36		
B. PHASES OF THE INVENTION Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbol) IPC 5 F01N B01D		
Description searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category <sup>1</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	DE, C, 42 17 552 (MERCEDES-BENZ) 19 August 1993 see column 2, line 18 - line 60; figure 1	1-4, 15, 17-19
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 139 (M-034) 30 September 1980 & JP, A, 55 093 917 (UNITIKA) 16 July 1980 see abstract	1, 15
A	DE, A, 37 04 030 (RUHRGAS) 18 August 1988 see column 1, line 35 - line 65; figure 1	1, 15
A	US, A, 4 403 473 (GLADDEN) 13 September 1983 see column 6, line 44 - column 7, line 16; figure 4	1, 15
A	DE, A, 37 21 572 (JENBACHER) 11 February 1988 --- -/-	
D. FURTHER DOCUMENTS ARE LISTED IN THE COMBINATION OF H01 C.		
* Special categories of cited documents: "A" documents defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier document but published on or after the international filing date "I" document which may throw doubt on priority claimed or which is cited to establish the publication date of another claim or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention is not disclosed in the prior art; the document is taken alone or in combination with the prior art to define the invention "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, each combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
29 June 1994		18.07.94
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 1811, Postfach 2 D-6000 Frankfurt am Main Tel. (+31-70) 340-2040, Tlx. 31 631 opt. al, Fax (+31-70) 340-2016		Authorized officer Sideris, M

Form PCT/ISA/108 (second sheet) (July 1993)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/DE 94/00463		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category <sup>1</sup>	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB, A, 2 132 112 (GENERAL ELECTRIC) 4 July 1984 -----	

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1993)

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Date: and Application No			PCT/DE 94/00463	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	Publication date
DE-C-4217552	19-08-93	FR-A- 2691645 GB-A- 2267365	03-12-93 01-12-93	
DE-A-3704030	18-08-88	NONE		
US-A-4403473	13-09-83	NONE		
DE-A-3721572	11-02-88	AT-B- 385915	10-06-88	
GB-A-2132112	04-07-84	US-A- 4473536 US-A- 4473537 JP-B- 3042930 JP-A- 59134332 NL-A- 8304427	25-09-84 25-09-84 28-06-91 02-08-84 16-07-84	

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat. Aktenzeichen  
PCT/DE 94/00463

A. KLASIFIZIERUNG DES ANWENDUNGSGEGENSTANDES IPK 5 FOI N3/20 FOI N9/00 BOLD53/36		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierte Mindestpublizität (Klassifikationsystem und Klassifikationsymbole) IPK 5 FOI N BOLD		
Recherchierte aber nicht zum Mindestpublizität gebundene Veröffentlichungen, soweit diese über die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche kontrollierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESSENTLICH ANGESIEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Brackets kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P, X	DE, C, 42 17 552 (MERCEDES-BENZ) 19. August 1993 siehe Spalte 2, Zeile 18 - Zeile 60; Abbildung	1-4, 15, 17-19
X	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 4, no. 139 (M-034) 30. September 1980 & JP, A, 55 093 917 (UNITIKA) 16. Juli 1980 siehe Zusammenfassung	1, 15
A	--- DE, A, 37 04 030 (RUHRGAS) 18. August 1988 siehe Spalte 1, Zeile 35 - Zeile 65; Abbildung 1	1, 15
A	--- US, A, 4 403 473 (GLADDEN) 13. September 1983 siehe Spalte 6, Zeile 44 - Spalte 7, Zeile 16; Abbildung 4	1, 15
	---	---
	---	---

[X] Weitere Veröffentlichungen und der Fortsetzung von Feld C zu revidieren		[X] Seite Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen: "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam angesehen ist. "B" Dieses Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist. "C" Veröffentlichung, die gegen ein Patentanspruchs zweifeln zu sein, oder durch das das Veröffentlichungsdatum einer anderen im internationalen Patentamt eingereichten Veröffentlichung (sog. "prior art") vor dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht wurde. "D" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausübung oder andere Maßnahmen bezieht. "E" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem besprochenen Prioritätsdatum veröffentlicht wurde ist.		
T Spätere Veröffentlichung, die sich dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum des internationalen Anmeldedatums nach nicht kollidiert, sondern aus dem Vorstand der der Erfindung zugrundeliegenden Prinzipien oder der ihr zugrundeliegenden Thesen ergibt. "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf dem Stand der Technik befindlich angesehen werden. "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf dem Stand der Technik befindlich angesehen werden. Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und dieses Verbotung für einen Patentinhaber nachteilig ist. "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist.		

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	29. Juni 1994	18.07.94	Anmeldeformular des internationalen Rechercheberichts
Name und Postanschrift der internationalen Recherchebehörde Europäisches Patentamt, P.O. Box 1, 1111 Postkammer 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+ 31-70) 340-2000, Fax (+ 31-70) 340-2016		Benachteiligter Beirater Sideris, M	

Formblatt PCT/ISA/210 (Juni 1992)



INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

C (Formzahl) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		Inventar ander Abkürzungen PCT/DE 94/00463
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Bereich kommenden Teile	Bez. Anspruch Nr.
A	DE, A, 37 21 572 (JENBACHER) 11. Februar 1988	
A	GB, A, 2 132 112 (GENERAL ELECTRIC) 4. Juli 1984	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT			
Angaben zu Veröffentlichung, die der zur selben Patentfamilie gehören			
Im Recherchenbericht angeführtes Patentsdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-C-4217552	19-08-93	FR-A- 2691645 GB-A- 2267365	03-12-93 01-12-93
DE-A-3704030	18-08-88	KEINE	
US-A-4403473	13-09-83	KEINE	
DE-A-3721572	11-02-88	AT-B- 385915	10-06-88
GB-A-2132112	04-07-84	US-A- 4473536 US-A- 4473537 JP-B- 3042930 JP-A- 59134332 NL-A- 8304427	25-09-84 25-09-84 28-06-91 02-08-84 16-07-84

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**